

중수도 설치 효과 분석

Evaluation of water reclamation system in apartments and commercial building

백 춘 기
C. K. Paek

대한주택공사 기계설계처 환경설비부



- 1950년생
- 공조설비의 계획과 에너지절약 시스템구성에 관심을 가지고 있다.

1. 중수도의 개요

1.1 중수도의 국내현황

중수도란 한번 사용한 물을 어떤 형태로든 한번 혹은 반복적으로 사용하는 물을 말하며 수도법 제3조에서는 사용한 수돗물을 생활용수, 공업용수 등으로 재활용 할 수 있도록 다시 처리한 물을 중수(中水)라고 하며 이의 처리시설, 급배수 시설, 이용설비등을 총체적으로 중수도라고 한다.

국내에서 중수도 시스템을 적용한 최초의 공동주택으로는 '93년 9월에 준공된 산본주공아파트(3개동 415세대)가 최초이며, '94년 1월 현대산업개발에서 군산나운아파트 1개동에 설치한 것이 전부이며 현재는 시설을 운영하지 못하고 있는 실정이다.

한편 잠실 롯데호텔과 인터컨티넨탈호텔, 포철사옥등 많은 업무용 건물에서는 중수도생산단가가 상수도요금보다 저렴하게 생산할 수가 있어 경제성이 확보됨으로써 중수도 설비는 계속 운영 중에 있으며, 최근 신축건물에서는 점차 설치가 확대되고 있다.

1.2 관련법규

1.2.1 수도법 제11조(중수도)

국가 또는 지방자치단체는 “대통령령이 정하는 자”에게 중수도를 설치, 관리하도록 권장할 수 있다.

1.2.2 동법 시행령 제15조(중수도의 설치, 관리자)

- 제1항 “대통령령이 정하는 자”
 - 1) 1일 물 사용량 1,000톤 이상인 공장
 - 2) 1일 물 사용량 500톤 이상인 숙박, 목욕장업
 - 3) 300세대 이상의 공동주택
 - 4) 공중위생시설로써 1일 물 사용량 500톤 이상인 시설
 - 5) 중앙건설기술심의회, 중앙건축위원회, 수도권정비심의위원회 심의대상시설로서 1일 물 사용량 500톤 이상인 시설
 - 6) 기타 지자체의 조례로 정하는 건축물

1.2.3 동법 시행규칙 제2조(중수도 시설의 기준)

- 제1항 : 다음 각호의 시설을 갖추어야 함.
 - 1) 사용된 수돗물을 적합수질로 재처리할 수 있는 침전지, 여과지 소독설비 등 재처리시설
 - 2) 펌프, 송수관 등 송수시설
 - 3) 필요량의 물을 배수할 수 있는 배수시설

- 제2항 : 상수도, 하수도 및 가스공급 등의 배관과 구분할 수 있도록 함

1.2.4 동법시행규칙 제3조(중수도의 수질기준) 중수도를 설치·관리하는 자는 중수도의 수질을 다음의 기준에 적합하도록 유지·관리하여야 한다(수세식변소용수기준의 경우).

- 대 장 균 균 : 10 / ml 이하
- 외 관 : 이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것
- 탁 도 : 5도 이하
- BOD : 10 mg/l 이하
- 냄새 : 불쾌한 냄새가 나지 아니할 것
- 수소이온농도 : pH 5.8이상 8.5이하일 것
- 잔 류 염 소 : 검출될 것

1.2.5 동법 시행규칙 제4조(중수도 설치자에 대한 지원)

지방자치단체는 조례가 정하는바에 따라 중수도를 설치한 자에 대하여 중수도의 설치비용의 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있다

2. 설치효과 분석

2.1 공동주택

공동주택의 중수도는 군포산본 주공아파트가 그 최초로서 그 설치효과와 분석결과는 중수도 정책결정에 매우 중요한 의미를 갖는다.

'93. 9~'94. 9까지 중수도 시설의 시험가동을 통하여 설치에 대한 평가와 문제점등을 분석하였으며, 그 결과 중수도 생산단가의 비경제성 등으로 '95.6월부터 생산을 중단하고있는 실정임

공동주택에서의 중수원수는 각세대의 화장실(욕실)에서 배수되는 세면수, 욕조수 및 욕실바닥배수로 한정되어있으며, 처리된 중수의 용도는 세대내 수세식변소용수로 사용된다.

2.1.1 시설의 개요

- 설 치 지 구 : 군포산본 13평형 415호
- 준 공 : '93. 7
- 계획 중수량
- 1일 계획배수량 117톤(총배수량 415톤/일 × 0.28 : 세면, 샤워사용 비율의 추정량임)
- 응집침전 시설용량 117톤/일

- 급속여과 활성탄 흡착시설 83톤/일(중수생산 가능량)

- 1인 1일 중수량 : 50 l / 일. 인
- 세대당 중수량 : 6톤/세대.월
- 가동시간 : 전처리설비 24시간

본 설비 및 후처리설비 12시간

2.1.2 공동주택 중수도 적용시 문제점

- 중수도 생산비 과다 (94년 기준)
- 1일 생산량 : 40톤/일
- 연간 운영관리비 : 10,859천원(인건비 미포함)
- 중수도단가 : 744원/톤(인건비 포함시 1,577원/톤)

※상수도 단가 167.5원/톤

- 상수도단가 : 중수도 단가=1 : 4.4

중수생산비가 상수도 요금보다 약 4.4배 비쌌(인건비, 수선유지비, 감가상각비 등을 포함하면 9배를 초과한다)으로, 상수도보다 수질이 낮은 물을 공급하면서 많은 요금을 부과하는 어렵다

- 중수의 사용용도가 한정되고, 원수의 확보 및 조절이 어렵다

중수를 사용할 시간대와 원수의 회수시간대가 달라서 질 좋은 원수 공급이 어렵다. 유량조정탱크를 크게 설치하여 조절하는 것은 시설비가 많고, 생산된 중수를 오래 보관하므로써 수질이 변질될 우려가 있다

- 유지관리가 어렵다

중수도 시설은 주로 지하에 건설되어, 냄새가 심하고 약품사용 등으로 근무기피 현상과 인건비가 부담이 되며 인근 거주자의 민원도 심하다

- 위생상 거부감이 크다

주거용 주택에서의 중수사용 용도는 각 세대의 수세식 변기 세정용수로 주로 사용되어 최근 사용이 많아지는 비데 (Bidet) 를 사용하는 입주자의 반발이 크다.

2.1.3 공동주택의 중수도 설치시 고려사항

- 중수도 시설 및 배관의 내부식성, 내 화학성 중수가 계속적으로 공급이 되지 않으므로 배관이 공기중에 노출되어 쉽게 부식되며, 약품의 사용으로 화학적 부식이 촉진되므로 내부식성 자체의 선정을 고려해야 한다.

• 시스템의 적정규모선정

원수확보와 중수공급의 균형이 맞도록 하여 시스템의 운전이 중단되지 않도록 하여야 한다. 만약 시스템이 중단되었을 경우 정상적인 중수를 생산하기 위해서는 2~3일간의 조정을 거친 후에야 가능하기 때문이다.

• 위치선정

펌프가동소음이나 냄새가 거주자에게 전달되지 않도록 지하 공간이나 떨어진 녹지에 설치하는 것이 좋으며, 지하실에 설치할 경우 냄새의 제거를 위한 환기설비를 충분히 고려해야 한다.

2.1.4 공동주택의 중수도 활성화 방안

공동주택에서의 중수도 설비를 단순한 상수도로 절감을 위한 시설로 해석해서는 곤란하다. 즉, 단순한 경제성만으로 시행하기는 어렵다.

앞에서 지적했듯이 중수도 생산단가가 상수도로 보다 비싸서 시설을 건설하여 놓고도 계속적으로 유지관리가 어려우므로 환경오염 방지나 상수원을 보호라는 공적인 면에서 지원이 필요하게 된다.

따라서, 공동주택에서의 중수도를 활성화하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 할 것이다.

• 중수도 생산단가를 상수도요금보다 낮게 하기 위해서는 중수도 설치와

유지관리에 관련되는 비용의 지원 내지는 수도요금을 파격적으로 감면해 줘야 할 것이다.

• 중수도를 설치하여 운영하는 단지는 파격적인 상수도요금의 감면제도가 있어야 한다.

• 중수도 생산단가를 상수도요금보다 낮게 책정해 두고, 그 초과분에 대해서는

환경세등을 신설해서 공공비용으로 보조해주는 방안도 고려해 볼만하다(예: 일본의 千葉縣 芝山 단지).

2.2 업무용빌딩

국내 업무용빌딩의 대표적인 중수도시설로는 롯데월드와 인터콘티넨탈호텔 건물이라 할 수 있다.

공동주택의 중수도 생산단가가 톤당 744원(인건비포함시 1,577원)으로 경제성이 없는데 비하여 롯데월드는 톤당 266원, 인터콘티넨탈호텔은

420원에 불과하여 경제성이 커서 업무용빌딩의 중수도를 확대하는데 기준이 되고 있다.

2.2.1 시설의 개요

예시하는 업무용빌딩은 건축연면적 71,000m²의 지상8층 지하2층의 전형적인 업무용빌딩으로 부대시설로서 수영장이 있어 중수의 원수 확보가 비교적 용이한 건물이다.

중수의 원수는 수영장수, 샤워수등 비교적 양질의 배수로 되었으며, 중수사용처는 각종 공용 화장실의 양변기와 소변기의 세정수로 공급하고, 조경살수로도 공급한다.

- 준공일 : 97.6
 - 중수생산기간 : 97. 9-98. 7
 - 중수시설용량 : 200m³/day
 - 초기투자비(시설공사비)
 - 기계공사비 : 185,000,000 원
 - 전기공사비 : 15,000,000 원
- 계 200,000,000 원

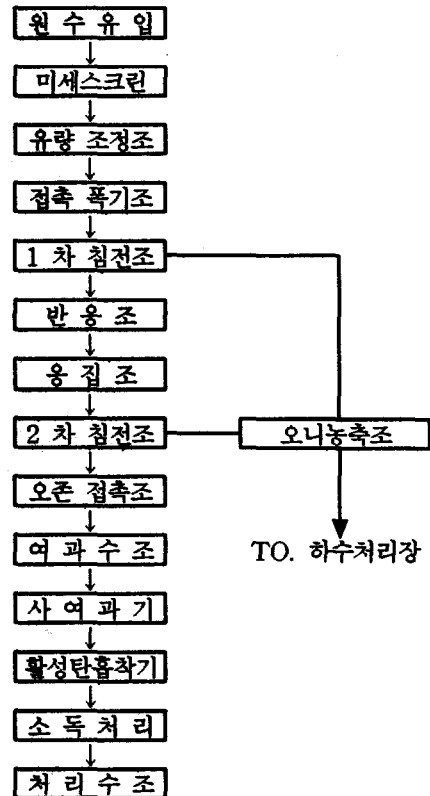


그림 1 처리공정

2.2.2 중수도 생산량(ton)

표 1 월별 중수도 생산량

생산기간 : 97.9.10-98.4.12현재

년 월	97.9.10-30	97.10	97.11	97.12	98.1	98.2	98.3	98.4	98.5	98.6	7.1-16	계
중 수 생산량	1,601	2,473	1,954	2,218	1,326	1,626	2,085	2,176	1,942	2,144	12.32	20,777

중수도 일일생산량 20,777ton/309일
 = 67.24ton/day
 = 2,017ton/month
 중수도 시설용량이 200톤/일 규모인데 반하여 33%의 중수생산을 하게 된 것은 중수의 주 사용처인 소변기에 전자감응식 수전과 절수형 양변기를 설치하여 사용량이 적게 된 것이 아닌가 추정된다.

2.2.3 운전소요경비

(1) 약품사용량

- 응 집 제 : 3,116.05kg/309일 × 170원/kg
 = 1,714.3원/일
 - PH 조정제 : 958.89kg/309일 × 430원/kg
 = 1,334.4 원/일
 - 보조응집제 : 42.1kg/309일 × 5,000원/kg
 = 681.2 원/일
 - 소 독 제 : 72kg/309일 × 5,000원/kg
 = 1,165 원/일
- 계 4,894.9 원/일 = 146,847원/월

(2) 전력비

- Screen : 0.4kW/h × 12h/d = 4.8kw/d
- Equalization : 0.70kW/h × 20h/d = 15kw/d
- sludge pump : 0.75 × 0.5 × 2대 = 0.75
- filtering pump : 3.75 × 20 = 75
- spray pump : 0.75 × 3 = 2.25
- booster pump : 15 × 8 = 120
- feed pump : 0.2 × 8 × 4대 = 6.4
- blower : 3.75 × 12 = 45
- agitator : 0.4 × 0.5 × 3대 = 0.6
- scraper unit : 0.75 × 24 × 2대 = 36
- ozone 발생기 : 5.5 × 8 = 44
- 기 타 : 전체의 5% = 17

전력비용 363.6kW/d × 47월/kW = 17,089원/일
 = 512,070원/월

(3) 여재교체비용(1년에 1회이상)

- 급 속 여 과 기 : 1.5m' × 980,000원/년.m'
 = 1,470,000원/년
- 활성흡착여과기 : 1.5m' × 1,500,000원/년.m'
 = 2,250,000원/년
- 여 재 보 충 량 : 3회/년 × 2대 × 300,000
 = 1,800,000원/년
- 여재교체비용 : 5,520,000원/년 ÷ 12월
 = 460,000원/월

(4) 인건비

1인 1,500,000원/월 × 0.3인 = 450,000원/월

(5) 월 관리비 총액

- 약 품 비 용 = 146,847
- 전 력 비 용 = 512,670
- 여재교체비용 = 460,000
- 인 건 비 = 450,000

계 = 1,569,517원/월

(6) 중수도 생산단가

1,569,517원/2,017톤 = 778.14원/톤

표 2 약품다용량

년 월	약 품 사 용 량(kg)			
	응집제	PH조정제	보조응집제	소독제
'97. 9	306	40.2	2.6	1.8
10	358.5	116.5	5.2	6.1
11	291.6	93.6	4.0	4.9
12	318.8	105.9	3.9	7.1
'98. 1	226.9	57.9	3.8	2.7
2	212.9	70.0	6.1	6.4
3	314.4	103.2	3.6	10.1
4	321.1	110.2	3.62	9.0
5	276.85	93.99	2.38	9.1
6	329.25	110.45	4.3	9.6
7	159.75	56.95	2.6	5.2
계	3,116.05	958.89	42.1	72

· 중수도생산비 비교(94년기준)

항 목	롯데월드	인터콘티넨탈	비 고
1 일 생산 량	900톤/일	300톤/일	
상 수도요금	1,305원/톤	1,305원/톤	하수도포함
년간운영관리비 (인건비 포함)	85,716,500원 (인건비 포함)	47,559,500원	
톤당단가	266원/톤	420원/톤	

2.2.4 중수도 사용효과(98년기준)

중수도 사용량은 월평균 2,017톤으로서 중수도 사용에 따른 상수도요금과 하수도요금의 절감금액은 표 3, 표 4와 같다.

표 3 상수도요금 절감액

사용량	내역	금액(원)
2,017톤/월	기본요금 30톤	15,000
	초과요금 31~50	20×600 = 12,000
	51~100	50×720 = 36,000
	101이상	1,917×900 = 1,725,300
계		1,788,300

표 4 하수도요금 절감액

사용량	내역	금액
2,017톤/월	기본요금 10톤	440
	초과요금 10~30	20×49 = 980
	31~50	20×71 = 1,420
	51~100	50×138 = 6,900
	101~300	200×188 = 37,600
	301~500	200×210 = 42,000
	500초과	1,517×250 = 379,250
계		468,590

(1) 중수도 사용분에 대한 상하수도료 감면혜택
중수도 사용액의 30%를 감면(지자체 조례에 따라 감면율이 다를 수 있다)받는다 할 때 상수도료는 1,788,300원/월×30%=536,490원/월이며 하수도료는 468,590원/월×30%=140,577원/월로서 월간 상·하수도료 감면혜택은 677,067원이다.

(2) 환경개선부담금

기준요금×오염유발계수(특별시:2.07, 광역시:1.0)
2,017톤/월×160원/톤×2.07=668,030원/월

(3) 중수도 사용으로 인한 연간 절감액

상수도료 절감액 1,788,300원/월×12월=21,459,600
하수도료 절감액 468,590원/월×12월= 5,623,080
상수도 감면세액 536,490원/월×12월= 6,437,880
하수도 감면세액 140,577원/월×12월= 1,686,924
환경개선 부담금 668,030원/월×12월= 8,016,360

계 43,223,844원/년

2.2.5 투자비 회수기간 판단

$$\text{회수기간(년)} = \frac{\text{중수도설치공사비}}{\text{중수사용절감액} - \text{중수가동비용}}$$

$$= \frac{200,000,000}{43,233,844 - (1,569,517 \times 12)} = 8.2\text{년}$$

월평균 중수의 사용이 67톤/일 으로 투자비회수기간이 8.2년이 소요되나 잔디물주기, 청소용수 등 적극적으로 중수도의 활용을 늘려 시설용량의 75% 수준인 150톤/일 정도 사용된다면 투자비회수기간이 4년에 불과하여 그 설치효과는 훨씬 상승할 것이다

3. 맺음말

공동주택에서는 생산단가가 높고, 질 좋은 원수의 확보곤란, 사용용도의 한정등 시스템구성 자체가 매우 어려운 실정으로 경제성이 없으나, 호텔등 대형 업무용 빌딩에서는 객실에 중수도를 공급하지 않아도 공용화장실등 중수의 충분한 사용처가 확보되기 때문에 적용성이 높아 점차 확대되고 있다.

중수도 설비는 개인적인 상수도료 절감차원보다는 환경오염방지 및 생활용수의 절약차원에서 범국가적으로 추진하는 것이 더욱 부합되는 시설로, 수자원개발 상수도건설비 및 하수도 처리비절감등 사회적비용을 고려하는 공공적인 관점에서 적용타당성을 찾아야 할 것이다.

관련정부부처에서도 중수도는 계획, 설계, 시공 및 운영에 있어 고도의 기술과 경험을 요하는 시설이므로 강제성을 띤 권장할 수 없으며, 특히 공동주택에서는 수도물 공급이 지극히 어려운 경우에 한하여 그 설치를 권장토록 하고 있어, 공동주택에서의 중수도 적용은 의식개혁과 중수시설에 대한 획기적인 지원등 사회적 여건이 조성이 우선되어야 할 것이다.